

6. An investigation of air-swirl design criteria for gas turbine combustors through a multi-objective CFD optimization / M.M. Torkzadeh, F. Bolourchifard, E. Amani // Fuel 186, 2016. – PP. 734–749.

7. Стационарная трехмерная модель горения топливных газов / Н.Л. Бачев, О.А. Бетинская, Р.В. Бульбович // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника №41, 2015. – С. 103–118.

8. Computational modeling of the working process in the combustion chamber for casing-head gas recovery / N.L. Bachev, O.A. Betinskaya, and R.V. Bulbovich // Journal of Engineering Physics and Thermophysics, Vol. 89, № 1, 2016. – PP. 221–229.

9. Sjoerd P. Acoustic of turbulent non-premixed syngas combustion. Proefschrift // Enschede, The Netherlands, 2007. – P. 205.

УДК 66.047.4.5

А. С. Юрпольский, Л. А. Зайнуллин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

АППАРАТ ДЛЯ СУШКИ УГОЛЬНОГО КОНЦЕНТРАТА ТВЕРДЫМ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕМ

Аннотация

Исследован и испытан в лабораторных условиях новый метод сушки угольного концентрата с помощью твердого теплоносителя, а именно, металлическими шарами, разработанный ОАО «ВНИИМТ». Этот способ сушки основан на контакте твердого теплоносителя с высушиваемым материалом. Вследствие большей поверхности контакта твердого теплоносителя с мелкими частицами скорость процесса сушки значительно ускоряется, а значит, сокращается время сушки. Было посчитано соотношение количества шаров, к количеству материала; выбрана оптимальная температура шаров; посчитан расход топлива на сушку; определены габариты барабанной установки.

Так же была проведена сравнительная характеристика барабанных сушилок с газообразным и твердым теплоносителем, вследствие которой были выявлены преимущества барабанных сушилок с твердым теплоносителем.

Ключевые слова: сушильный агрегат; твердый теплоноситель; угольный концентрат; экономия топлива; газообразный теплоноситель.

Abstract

Examined and tested in the laboratory a new method for drying coal concentrate with the help of a solid heat carrier, namely, metal balls, developed by JSC VNIIMT. This method of drying is based on the contact of the solid heat carrier with the material to be dried. Due to the large contact surface of the solid coolant with fine particles, the speed of the drying process is significantly accelerated, which means that the drying time is shortened. The ratio of the number of balls to the amount of material was calculated; The optimal temperature of the balls was chosen; Calculated the fuel consumption for drying; The dimensions of the drum set are determined.

Also, a comparative analysis of drum dryers with gaseous and solid coolant was carried out, due to which the advantages of drum dryers with a solid coolant were revealed.

Keywords: drying unit; solid coolant; coal concentrate; fuel economy; gaseous coolant.

В настоящее время в промышленных масштабах для сушки различных сыпучих материалов (концентраты, руда, уголь, песок и др.) используют барабанные сушилки с газообразным теплоносителем.

В качестве примера на рисунке 1 представлена принципиальная схема установки для сушки угля газообразным теплоносителем в барабанной сушилке. Сырой уголь из бункера 1

питателем 2 подается в барабанную сушилку 9, в которой уголь подсушивается газообразными продуктами сгорания топлива, сжигаемого с помощью горелки 7 в выносной топке 6. Передача тепла T_1 от продуктов сгорания топлива к слою высушиваемого угля происходит в основном конвекцией и излучением через открытую поверхность слоя угля О. В меньшей степени происходит передача тепла T_3 от нагретой открытой поверхности А барабана при входе ее под слой угля через закрытую поверхность слоя В (рис. 2). Коэффициент заполнения барабана слоем угольного концентрата составляет 10-20 %, что предопределяет относительно небольшие значения открытой О и закрытой В поверхностей слоя и лимитирует суммарный коэффициент теплопередачи газов к слою угля. В итоге увеличение теплопередающих поверхностей О и В приводит к значительному увеличению габаритов барабанной сушилки и капиталовложений в ее изготовление.

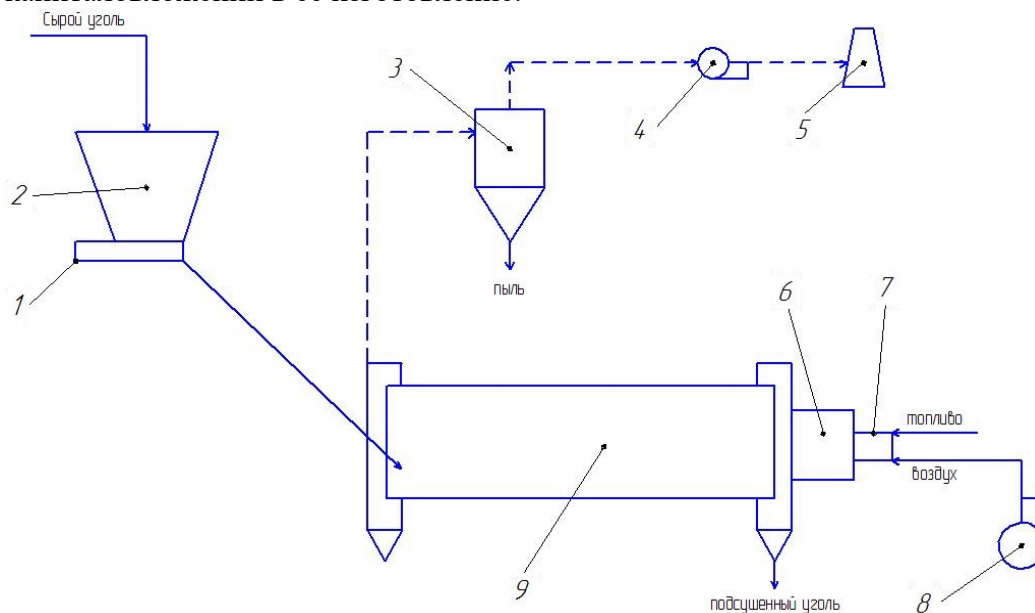


Рис. 1. Схема сушилки угля газообразным теплоносителем в барабанной сушилке:
1 – питатель; 2 – бункер; 3 – аппарат; 4 – дымосос; 5 – дымовая труба; 6 – топка; 7 – горелка;
8 – вентилятор; 9 – вращающийся барабан

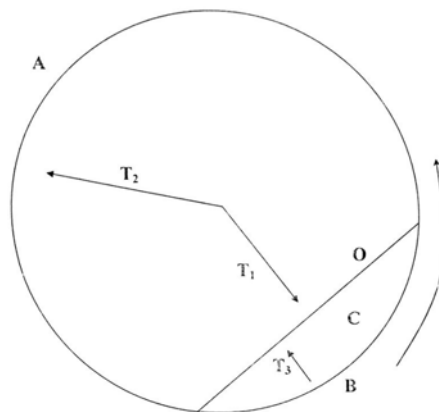


Рис. 2. Схема теплопередачи в барабанной сушилке с использованием газообразного теплоносителя:
А – открытая поверхность барабана; В – закрытая поверхность слоя; С – слой угля;
О – открытая поверхность слоя; T_1 – тепловой поток от газов к открытой поверхности барабана; T_2 – тепловой поток от газов к открытой поверхности барабана;
 T_3 – тепловой поток от закрытой поверхности барабана к закрытой поверхности слоя

Существенным недостатком сушки угольного концентрата в классической барабанной сушилке газообразным теплоносителем является необходимость пылеочистки газов, уходящих из барабанной сушилки, обусловленной по условиям аэродинамики выносом пылевых частиц угля из барабанной сушилки. При этом за счет используемых устройств (газоходы, пылеочистной аппарат и др.) увеличиваются капиталовложения в установку сушки. За счет значительных потерь тепла с большим количеством сушильных газов, уходящих из барабанной сушилки, увеличивается удельный расход топлива на сушку.

Указанные недостатки сушки угольного концентрата в барабанной сушилке с газообразным теплоносителем можно в значительной мере устранить при использовании для сушки твердого теплоносителя. На рисунке 7 приведена принципиальная схема установки для сушки угля с использованием твердого теплоносителя. Сырой угольный концентрат питателем из бункера 6 подается во вращающийся барабан 1, в который в спутном потоке с углем загружается твердый теплоноситель в виде шаров (металлических, керамических и др.), нагретых до температуры 500–600 °С. Во вращающемся барабане 1 происходит смешение влажного материала и нагретых шаров. При этом передача тепла от нагретых шаров к частицам угольного концентрата происходит контактным способом. В этих условиях каждый нагретый шар контактирует с большим количеством более мелких (по сравнению с шарами) частиц угольного концентрата, с многократно увеличивающейся поверхностью теплообмена, за счет чего значительно увеличивается суммарная эффективность теплопередачи. В итоге значительно уменьшаются габариты вращающегося барабана и капиталовложения на его изготовление. В разгрузочной части вращающегося барабана 1 установлен грохот 11, отделяющий подсушенный уголь от твердого теплоносителя, который передается в шахтный аппарат 3 для нагрева. В шахтном аппарате 3 нагрев шаров производится в режиме противотока за счет продуктов сгорания топлива, сжигаемого с помощью горелки в выносной топке 4. Газы, уходящие из шахтного аппарата 3, отсасываются дымососом и сбрасываются в дымовую трубу. Таким образом, шары (твердый теплоноситель) циркулируют: нагреваются в шахтном аппарате 3 и отдают тепло на подсушку угля во вращающемся барабане 1. Водяные пары, образующиеся при сушке угля во вращающемся барабане, 1 отсасываются дымососом 9.

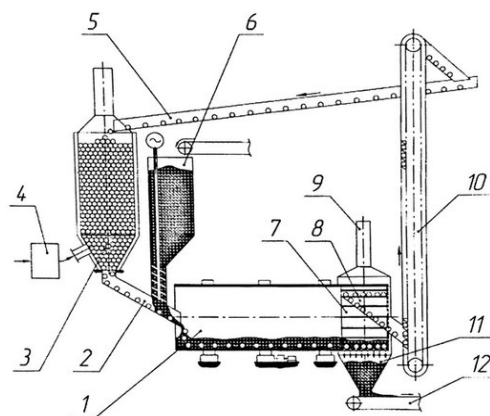


Рис. 3. Принципиальная схема сушильного аппарата твердым теплоносителем:

- 1 – вращающийся барабан; 2 – загрузочная точка для нагретых шаров и влажного материала;
- 3 – теплообменник; 4 – теплогенератор, для выработки газового теплоносителя;
- 5 – лоток для транспортировки шаров; 6 – бункер с питателем, для влажного материала;
- 7 – грохот; 8 – лоток для транспортировки шаров; 9 – труба для отвода пара из барабана;
- 10 – элеватор для подъема шаров; 11 – бункер промежуточный для сухого материала;
- 12 – конвейер

В описанной установке для сушки угольного концентрата твердым теплоносителем отсутствуют массовые газовые потоки, контактирующие с углем, а также не требуется громоздкой системы пылеочистки.

На лабораторной установке для сушки угля крупностью 5–0 мм твердым теплоносителем (металлические шары диаметром 20 мм), результаты которых представлены на рисунке

4. Начальная влажность угля составляла 20–22 %, а соотношение шары: уголь – 3: 1 (по массе). Температура нагрева шаров – около 500 °С. Как видно на графике процесс сушки угольного концентрата протекает с большой скоростью: длительность сушки от начальной влажности 20–22 % до содержания влажности 6–7 % составляет 60–80 секунд, что обусловлено большой величиной поверхности контактной теплопередачи от шаров к частицам угля. Для сравнения укажем, что длительность сушки угольного концентрата в традиционных барабанных сушилках с использованием газообразного теплоносителя составляет 15–40 минут.

Таким образом при использовании твердого теплоносителя можно существенно уменьшить габариты вращающегося сушильного барабана и отказаться от крупногабаритной пылеочистки газов.

В таблице представлены сравнительные характеристики барабанных сушилок с газообразным теплоносителем. Оценка сделана для одинаковой производительности – 125 т/ч по подсушенному углю с влажностью 6,5 %. Как видно из данных, представленных в таблице, при использовании твердого теплоносителя расход условного топлива на 1 т. Подсушенного угля существенно меньше чем при использовании газообразного теплоносителя (25,2 и 34,1 кг/т подсушенного угля, соответственно).

Таблица 1

Сравнительная характеристика барабанных сушилок с газообразным и твердым теплоносителем

Параметр	Газообразный теплоноситель	Твердый теплоноситель
Производительность по подсушенному углю, т/ч	125	125
Влажность угля, %:		
- начальная	22,5	22,5
- конечная	6,5	6,5
Температура подсушенного угля, °С	90–100	90–100
Температура теплоносителя, °С	500–600	500–600
Количество газов, выбрасываемых в атмосферу, нм ³ /ч	132 000	60 000
Длительность сушки, мин	15–40	2–4
Расход условного топлива на 1 т подсушенного угля, кг/т	34,1	25,2
Габариты сушильного барабана, м	3,6 x 27,0	2,0 x 8,0

Удельный расход топлива на сушку угольного концентрата в значительной мере зависит от начальной влажности материала. В каждом конкретном случае в зависимости от начальной влажности материала и от температуры подогретых шаров будет определяться и массовое соотношение шаров и угля.

Список использованных источников

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: ГХИ, 1955.
2. Кавецкий Г.Д., Королев А.В. Процессы и аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1991.
3. Зобнин Б.Ф., Казяев М.Д., Китаев Б.И., Лисиенко В.Г., Телегин А.С., Ярошенко Ю.Г. Теплотехнические расчеты металлургических печей. 1982.
4. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Вращающиеся печи: теплотехника, управление и экология // Справочное издание. 2004.
5. Поникаров И.И., Перелыгин О.А., Доронин В.И., Гайнуллин М.Г. – М.: Машиностроение, 1989. – 138 с.
6. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты // Издание 4, 1967. 848 с.